

## La gran ola de calor de Melilla procedente del Gurugú, ¿vientos fuertes de ladera o reventón cálido?

José María Sánchez-Laulhé Ollero. INM Málaga

En los números 5 y 6 del Boletín de la AME se han publicado dos interpretaciones sobre las causas de la extraordinaria subida de temperatura de 17 °C del día 23 de julio de 2001, a primeras horas de la mañana en Melilla. En el Boletín 5, Sánchez-Laulhé (en adelante SL04) describe el fenómeno y los interpreta como efecto de fuertes vientos descendentes de ladera procedentes de la Sierra de Nador. En el Boletín 6, Elízaga (en adelante E04) critica la interpretación dada por SL04 y propone una explicación alternativa que mantiene que la causa de este ascenso de temperatura es un heatburst o reventón cálido. En el presente artículo se muestra una serie de objeciones a la interpretación de E04, aunque antes de enumerarlas se hacen unas puntualizaciones sobre la fuerza de los movimientos descendentes en los reventones cálidos.

### Los reventones cálidos y la fuerza de sus movimientos descendentes

UNA explicación de los reventones cálidos aparece en E04, aunque convendría resaltar que las corrientes descendentes que conllevan son muy intensas, pues deben tener un momento vertical suficiente para alcanzar la superficie antes que las detenga la desaceleración causada por la mayor densidad del aire bajo la inversión.

Los reventones cálidos se pueden producir en tormentas aisladas y en sistemas convectivos mesoscales (SCM). Según la climatología de Lane (2002), construida sobre casos en Oklahoma, el mayor número de reventones cálidos se producen entre las 18:00 y las 20:00 hora local, pues son las horas en que más fácilmente pueden coincidir convección y una inversión de temperatura con base en la superficie, provocada por la precipitación debida a la convección. Después de las

20:00 h. la frecuencia de reventones cálidos desciende gradualmente hasta las 02:00 h. local en la que la actividad disminuye drásticamente. Este descenso en actividad de reventones cálidos se atribuye al fortalecimiento de la inversión de superficie al progresar la noche (al fortalecerse esta inversión, disminuye la probabilidad de que el aire descendente la atraviese). No obstante los reventones cálidos se pueden producir

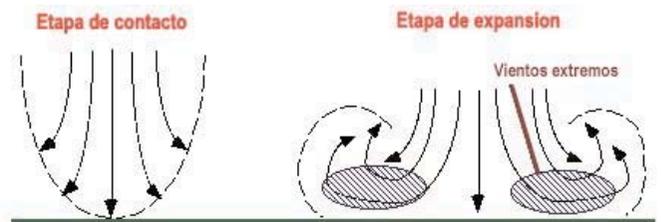


Figura 2. Modelo conceptual de las etapas de contacto y de expansión en superficie de los microreventones, (Derivado de Fujita, 1985)

también durante toda la madrugada y a primeras horas de la mañana, ligados en estas zonas del interior del continente a los SCM, que pueden mantener una actividad convectiva intensa y por tanto fuertes descendencias durante la noche y primeras horas de la mañana.

Un SCM es un sistema convectivo multicelular organizado asociado a una extensa capa nubosa estratiforme de niveles medios y altos, con escalas de longitud entre 100 y 1000 km y duración entre 6 y 12 horas. Johnson (2001) señala dos mecanismos potenciales para generar reventones cálidos en un SCM: Primero, los microbursts (microreventones) y segundo, los chorros rápidamente descendentes de entrada trasera o lateral (ver fig. 1).

### Objeciones a la interpretación del caso de Melilla como un reventón cálido

El día 23 de julio se dan condiciones para la generación de microreventones: convección de base elevada sobre capa seca con gradiente vertical adiabático. Además la presencia de la inversión en superficie podría también hacerla parecer propicia para reventones cálidos. En este caso la inversión existente sobre el Mar de Alborán no es producto de la precipitación, ni una inversión de enfriamiento nocturno, es una inversión que cubre la capa límite marina a muy poca altitud.

A pesar de esto es difícil mantener la explicación del fenómeno de Melilla como reventón cálido por los motivos que se enumeran a continuación:

**Primero**, la masa polvorienta de aire cálido que invadió la ciudad con rachas de 70 km/h provenía de la ladera del Gurugú, y previamente a penetrar en la ciudad fue vista deslizarse por el Barranco del Lobo, "como una serpiente" (figuras 1 y 2 de SL04). Puede que el

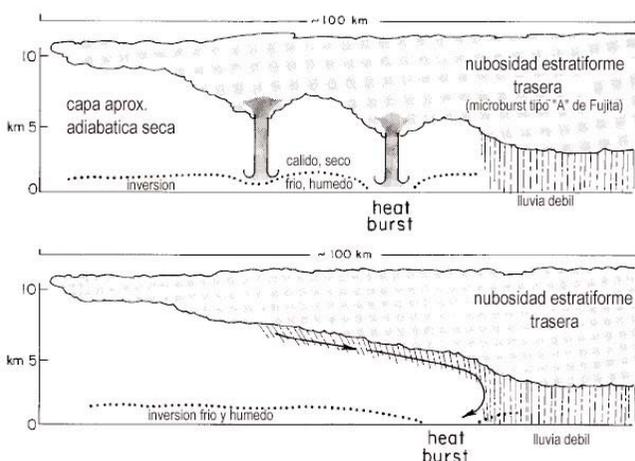
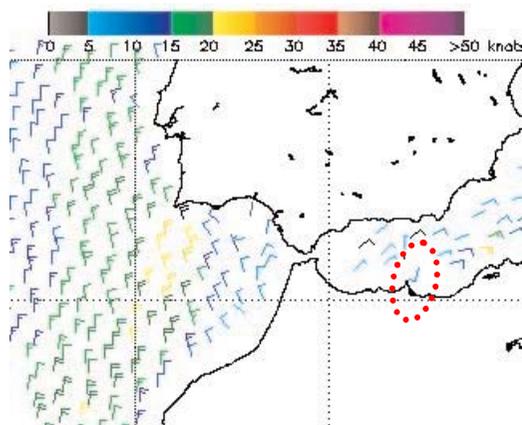


Figura 1. Descripción de dos posibles mecanismos de reventones cálidos (heatbursts) asociados a la parte estratiforme de los sistemas convectivos mesoscales: (arriba) microreventones (microburst) que penetran la delgada inversión en superficie y (abajo) chorro descendente trasero o lateral penetrando la inversión en superficie. (Johnson, 2001)

reventón tomara tierra en la ladera, pero es difícil de explicar que tenga esta apariencia longitudinal cuando, como es sabido, un reventón, de modo similar al microreventón, se expande radialmente al alcanzar la superficie y su flujo es muy divergente, como se muestra en la figura 2.



**Figura 3.** Viento del SSW (rodeado de línea de puntos roja) en las proximidades de Melilla obtenido por el satélite QuikScat en la pasada ascendente que cruzó la latitud 30 N a las 7:23 TUC del 23 de julio de 2001

**Segundo**, dada su condición de masa cálida es poco explicable que una vez que el reventón cálido hubiera aterrizado en el Gurugú, se deslizara corriente abajo, como si se tratara de una masa de aire frío que desciende por gravedad.

**Tercero**, los reventones cálidos son de pequeño tamaño y difíciles de observar con instrumentos. No habiéndose observado ningún SCM y siendo la temperatura del agua del mar muy fría en relación a la masa de aire, el reventón cálido se habría producido por un microreventón seco que habría traspasado la inversión de superficie, ligado a los altocúmulos existentes. Por su dimensión horizontal (longitudinal) el caso de Melilla supondría un caso extraordinario de microreventón: Habría afectado a la Sierra de Nador (Gurugú), atravesado la ciudad de Melilla e incluso habría afectado a decenas de kilómetros mar adentro, como nos muestra el viento del SSW en las proximidades de Melilla obtenido por el satélite QuikScat a la hora de los hechos (figura 3) (<http://manati.orbit.nesdis.noaa.gov/quikscat/quikscat.html>). Los microreventones afectan a un diámetro menor de 4 km (y los macroreventones a un diámetro entre 4 y 10 km) (Houze, 1993).

**Cuarto**, la inversión era demasiado potente para ser traspasada por un microreventón procedente de los altocúmulos. La velocidad mínima para que el movimiento descendente alcance el suelo traspasando la inversión la podemos calcular siguiendo los pasos de Johnson et al (1989), que aplica la condición de Bedard y LeFebvre (1986) expresada por un número de Froude, Fr

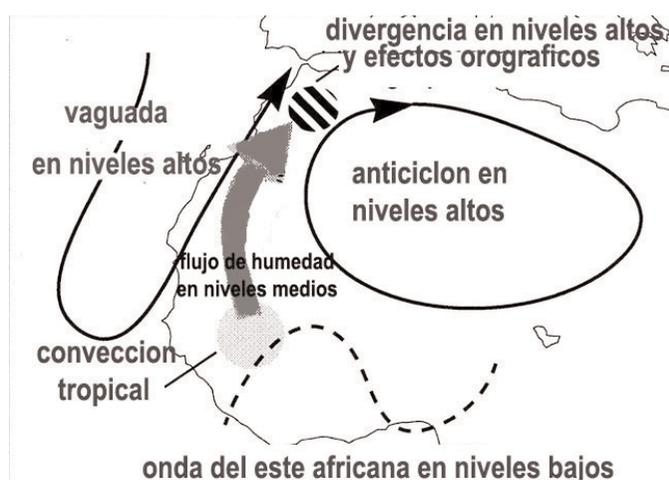
$$Fr = W / \left( \frac{\Delta T}{T} gh \right)^{1/2}$$

donde h es la profundidad de la inversión de superficie, W es la velocidad de descenso del microreventón,  $\Delta T$

es la diferencia de temperatura entre el aire bajo la inversión y la temperatura con la que inicia la penetración en la capa estable el microreventón y T la temperatura media local. Si  $Fr > 1$ , el microreventón debería penetrar hasta superficie, mientras que si  $Fr < 1$ , no la alcanzaría. Basándonos tanto en el sondeo previsto (E04) como en el sondeo de Gibraltar (SL04) y en los 41 °C de temperatura que se alcanzaron, el descenso habría seguido una adiabática seca que habría cruzado la curva de estado del ambiente a una temperatura de unos 32° C. La temperatura bajo la inversión es de unos 20 °C lo cual supone un  $\Delta T = 12^\circ\text{C}$ . T era de unos 24° C (297 K) y h de unos 1000 metros. La velocidad mínima W para que el microreventón alcanzase la superficie sería, aplicando (1), de casi 20 m/s. Esta es una velocidad enorme cuando se compara con las velocidades estimadas en los reventones cálidos generados por SCM en Estados Unidos entre 4 y 8 m/s (Johnson et al, 1989; Johnson y Bartels, 1992; Bernstein y Johnson, 1994)

**Quinto**, según la climatología de reventones cálidos de Oklahoma (Lane, 2002) en media, un reventón cálido hace ascender la temperatura 5.7 °C. El caso de mayor incremento de temperaturas debido a un reventón cálido hasta ahora conocido es de 13 °C (Cunningham, 1989). Estos limitados valores de calentamiento dan idea de la imposibilidad de los movimientos convectivos descendentes para penetrar inversiones demasiado potentes. Un aumento de 17 °C supondría un récord verdaderamente extraordinario para un reventón cálido.

**Sexto**, la estructura térmica vertical de la troposfera del día 23 es relativamente frecuente en esta zona y en las costas del sur de la Península y no se tiene noticia de reventones cálidos con cambios de temperatura importantes. La capa límite planetaria sahariana alcanza con frecuencia 5 km de espesor y en bastantes ocasiones es remontada por aire húmedo de procedencia tropical que se inestabiliza por ascenso orográfico o por ascenso a gran escala, como ocurre en este caso, generando una convección sin CAPE apreciable, simplemente estabilizadora del forzamiento vertical de gran escala. Cuando estas columnas de aire son advectadas



**Figura 4.** Esquema de una situación típica de interacciones tropical-extra-tropical, descrita por Knippertz (2003), que dan estructuras verticales

hacia el Mediterráneo se produce una estructura térmica vertical como la de este día. Un esquema de estas interacciones tropical-extratropical es el de la figura 4 debido a Knippertz (2003)

### Los aspectos no explicados (según Elízaga) por la hipótesis de vientos fuertes de ladera

En E04 se afirma que la hipótesis del viento de ladera no es satisfactoria porque los vientos de ladera "se mantienen un intervalo de tiempo considerable", y además que si fuera un viento de ladera "... sería de esperar que apareciesen con una mayor frecuencia ..."

**Primero**, la explicación que se sostiene en SL04 es que el fenómeno fue causado por el paso sobre las montañas de los bores que precederían a la corriente de gravedad procedente del sur (ver figura 7 en SL04) y por tanto el fenómeno sería de corta duración.

**Segundo**, los vientos de ladera tienen una duración muy variable en los meses cálidos, como ocurre en las localidades situadas entre las cordilleras del litoral y el mar Mediterráneo. Pueden durar más de un día o menos de una hora.

**Tercero**, los vientos fuertes cálidos de ladera procedentes de la sierra de Nador en Melilla son muy raros. Desde 1976 hasta la fecha el observatorio de Melilla solamente ha superado 40 °C dos días, y 38 °C 11 días (sin contar con el día del caso que estamos tratando) y en ninguno de estos casos la racha máxima diaria superó los 50 km/h y en ninguno la racha fue del SW, SSW o S. La explicación es que es una sierra fácilmente evitable por el flujo. Normalmente, los vientos de ladera que afectan a la ciudad son vientos que cruzan Alborán desde el NW girando a W en la costa africana. Por tanto los vientos cálidos de ladera procedentes del sur son tan excepcionales como el fenómeno que estamos tratando

### Conclusiones

Se han mostrado evidencias de que el aumento de temperatura del día 23 de julio en Melilla no fue causado por un reventón cálido. Su origen más probable fue un viento descendente de ladera (de hecho se originó en las laderas) de muy corta duración, causado por el paso de la sierra de Nador de los bores que precedían la entrada del SW en niveles bajos y que se aprecia en las imágenes de satélite como un arco nuboso (SL04). En principio las ondas generadas por el paso del flujo sobre las montañas tienden a propagarse hacia arriba llevándose con ellas parte de la energía del flujo. En SL04 se hace la hipótesis de que la retención transitoria de las ondas en niveles bajos a sotavento de las montañas se podría explicar por un acoplamiento con movimientos descendentes en la capa inestable, probablemente fortalecidos por enfriamiento debido a la evaporación de la lluvia (posiblemente asociados a un microrreventón).

### Referencias

- Bedard**, A. J., Jr., y T. T. LeFebvre, 1986: Surface measurements of gusts fronts and microbursts during the JAWS Project: Statistical results and implications for wind shear detection, prediction and modeling. NOAA Tech. Memo. ERL WPL-135.
- Bernstein**, B. C., and R. H. Johnson, 1994: A dual-Doppler radar study of an OK PRE-STORM heat burst event. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 259-273.
- Cunningham**, D., 1989: Rapid changes of pressure and temperature, Guernsey, 31 July 1983. *Weather*, 44, 11-133.
- Elízaga, F., 2004: Una explicación alternativa del extraordinario incremento de temperatura en Melilla el 23 de julio de 2001. *Boletín de la AME* número 6, octubre de 2004, quinta etapa.
- Fujita**, T. T.: The downburst - microburst and macroburst. Report of projects NIMROD and JAWS. SMRP, University of Chicago, Chicago.
- Houze** R. A., Jr. 1993: *Cloud Dynamic* Academic Press, ISBN 0-12-356881-1
- Johnson**, R. H., 2001: Surface mesohighs and mesolows. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*. Special issue honoring Tetsuya Fujita, 82, 13-31.
- Johnson**, R. H., and D. L. Bartels, 1992: Circulations associated with a mature-to-decaying midlatitude mesoscale convective system. Part II: Upper-level features. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1301-1320.
- Johnson**, R. H., S. Chen, and J. J. Toth, 1989: Circulations associated with a mature-to-decaying midlatitude mesoscale convective system. Part I: Surface features - heat bursts and mesolow development. *Mon. Wea. Rev.*, 117, 942-959.
- Knippertz**, P., 2003: Tropical-Extratropical Interactions Causing Precipitation in Northwest Africa: Statistical Analysis and Seasonal Variations. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 3069-3076.
- Lane**, J. D., 2002: A climatological analysis of hestburst in Oklahoma. (<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/47081.pdf>).
- Sánchez-Laulhé**, J. M., 2004: La gran ola de calor de Melilla procedente del Gurugú. *Boletín de la AME* número 5, julio de 2004, quinta etapa.

*Teletiempo*



*Servicio telefónico permanente de información meteorológica (24 horas al día)*

GENERAL PARA ESPAÑA

807 170 365

PROVINCIAL Y AUTONÓMICA

807 170 3 ■ ■

(Completar con las dos cifras del código provincial)

MARÍTIMA	
<b>Baleares</b>	807 170 370
<b>Mediterráneo</b>	807 170 371
<b>Cantábrico/Galicia (costera)</b>	807 170 372
<b>Canarias/Andalucía Occidental (costera)</b>	807 170 373
<b>Atlántico alta mar</b>	807 170 374

DE MONTAÑA	
<b>Pirineos</b>	807 170 380
<b>Picos de Europa</b>	807 170 381
<b>Sierra de Madrid</b>	807 170 382
<b>Sistema Ibérico</b>	807 170 383
<b>Sierra Nevada</b>	807 170 384
<b>Sierra de Gredos</b>	807 170 385